

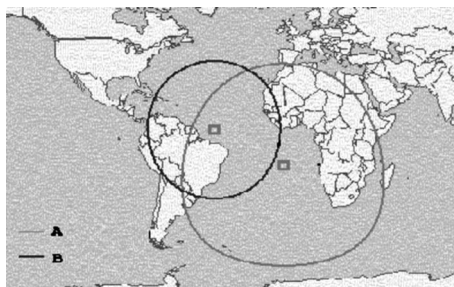


ASTRONOMIJA

Navigacijska astronomija

Matko Milin¹, Zagreb

Navigacijska (ili pozicijska) astronomija je tehnika određivanja položaja na Zemlji upotrebom nebeskih objekata: Sunca, Mjeseca, planeta ili zvijezda. Princip metode baziran je na mjerenju kutova pod kojim se više objekata vidi nad horizontom, iz kojih se geometrijskim ili računalnim postupkom određuju geografska širina i dužina (vidi sliku 1). Kut pod kojim se objekt vidi nad horizontom mjeri se specijalno dizajniranim instrumentima, najčešće sekstantom (vidi sliku 2). Sama tehnika računanja uključuje poznavanje sferne trigonometrije (budući da je površina Zemlje približno kugla), što je bitno kompliciranije od "obične" trigonometrije.

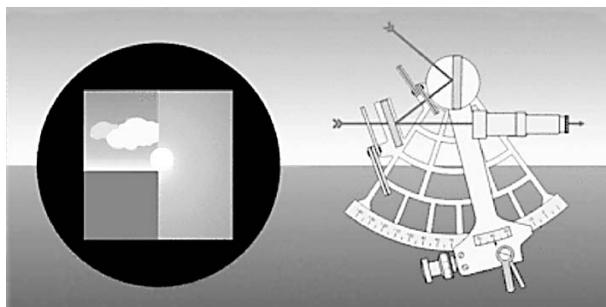


Slika 1. Princip određivanja položaja promatrača mjerenjem kuta nekog objekta na nebu. Za svaki od mjerenih objekata ("A" i "B" na slici mogu biti, recimo, Sunce i Mjesec), znamo iznad koje točke na površini Zemlje se u danom trenutku nalazi (to se iščitava iz tablica u nautičkim godišnjacima). Te su točke na slici dane malenim kvadratima. Mjerenje kuta pod kojim dani objekt vidimo na nebu, definira tada kružnicu oko tih točaka, a na kojoj se promatrač u tom trenutku mora nalaziti. Presjecište dvije takve kružnice posve određuje položaj promatrača.

Zapravo, postoje dva presjecišta, ali pretpostavlja se da promatrač ipak zna u kojem dijelu svijeta se nalazi – ako ipak ne zna, problem rješava mjerenje kuta pod kojim se vidi još jedan, treći, nebeski objekt.

Nautički godišnjaci navode koordinate nebeskih tijela za svaki puni sat u godini (!) te način interpolacije za vremena između punog sata. Najdulju tradiciju ima britanski godišnjak koji izdaje "Her Majesty's Nautical Almanac Office", svake godine od davne 1767. Moderni godišnjaci navode podatke za 173 zvijezde, ali se u principu samo njih 57 koristi kao "navigacijske zvijezde". U praksi se po noći za navigaciju obično koristi više najsajnijih vidljivih zvijezda; godišnjaci ih navode 57, za slučajeve kada se na nebu zbog oblačnog vremena ne vide "standardne" najsajnije zvijezde.

¹ matko.milin@phy.hr, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu



Slika 2. Sekstant (desno) i slika koja se kroz njega vidi (lijevo) pri određivanju položaja Sunca. Princip rada je sljedeći: slika objekta na nebu se odbijanjem od dva zrcala ("dvostruka refleksija") dovodi u okular zajedno sa slikom horizonta. Kut za koji se pri tome jedno od zrcala mora zarotirati direktno je povezan s kutom pod kojim pada zraka svjetlosti s promatranog objekta. U trenutku kada je objekt u okularu "na horizontu" (lijeva slika), na donjem se dijelu sekstanta jednostavno očitava traženi kut nebeskog objekta nad horizontom.

Sekstant je instrument kojim se određuje kut pod kojim se neko nebesko tijelo vidi nad horizontom. Iako je još slavni Isaac Newton prvi otkrio princip rada dvostruko reflektirajućeg navigacijskog instrumenta, sekstant je u upotrebu ušao tek u prvoj polovici 18. stoljeća. Praktičnost instrumenta je ta da položaj mjeri relativno u odnosu na horizont. Dvostruka refleksija na kojoj je bazirana metoda poništava gibanje sekstanta, što je bitno za mjerenja na brodu. Ime "sekstant" posljedica je činjenice da se s njime može mjeriti kut jednak jednoj šestini punog kruga (60°). Danas je jedina prednost sekstanta u odnosu na druge metode ta da je nepotreban izvor električnog napajanja. Zbog toga se tradicionalna, gore opisana, metoda još uvijek uči da bi se mogla upotrijebiti u specijalnim slučajevima.

Navigacijska astronomija danas sve više biva potisnuta modernim tehnologijama lociranja pozicije, kao što je GPS (od *engl.* Global Positioning System). GPS koristi oko 25 satelita koji kruže po šest različitih orbita oko Zemlje na visini od oko 20 000 km (stari sateliti se redovito zamjenjuju novima pa njihov broj tijekom vremena varira od 24 do 27). Svaki od satelita emitira radiosignal koji sadrži informaciju o njegovoj lokaciji i trenutku emitiranja. Pozicija se određuje istodobnim mjerenjem udaljenosti od GPS-uređaja na Zemlji do više satelita (a ta se udaljenost dobiva mjerenjem vremena potrebnog radiosignalu da dođe od satelita do uređaja). Radi efekata prolaska signala kroz ionosferu (koji ovisi o kutu pod kojim se u odnosu na promatrača nalazi satelit), za precizno je mjerenje obično potrebno detektirati signal s najmanje četiri satelita. Točnost kojom GPS određuje položaj je zapanjujuća: greška je najčešće manja od par metara! Osim određivanja geografske širine i dužine, GPS-om se jednako precizno određuje i nadmorska visina pa njegova primjena, dakako, nije ograničena na nautiku. U bliskoj budućnosti (2010. godine) istom metodom moći će se još točnije odrediti položaj: Europska unija naime planira realizaciju sustava "Galileo", koji bi se sastojao od 30 modernih satelita vrijednih oko 2.5 milijarde EUR-a. Realizacijom tih projekata, navigacijska astronomija postaje sve više hobi zaljubljenika u nebo, a sve manje metoda kojom se svakodnevno pomorci služe u praksi.